

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

W1118 EF

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-268056

(P2001-268056A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
H 0 4 J	14/00	H 0 1 S 3/10	Z 5 F 0 7 2
	14/02	H 0 4 B 9/00	E 5 K 0 0 2
H 0 1 S	3/10		M
H 0 4 B	10/02		U
	10/18		J
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-84705 (P2000-84705)

(22) 出願日 平成12年3月22日 (2000.3.22)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 松岡 正

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株

式会社日立製作所通信事業部内

(72) 発明者 中野 哲志

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株

式会社日立製作所通信事業部内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

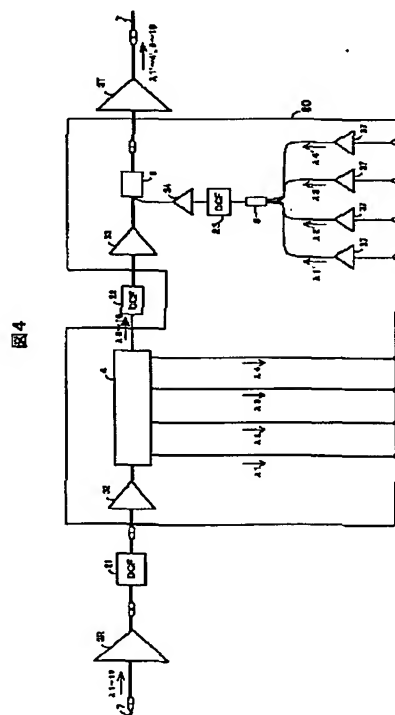
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システム及び波長合分波光伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 10 G b i t / s の伝送速度で波長単位の合分波可能な光伝送装置を得る。

【解決手段】 合波される波長、分岐される波長、分岐されずスルーされる波長毎に異なる特性となるように D C F を設け、適切な分散補償量とする。また、波長分波器と波長分波器と D C F との併用による損失を、複数の低励起の光増幅器で補償し、長距離伝送を可能とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 の波長多重信号光を分散補償する第 1 の分散補償器と、第 1 の分散補償器の出力を増幅する第 1 の光増幅器と、第 1 の光増幅器で増幅された第 1 の波長多重信号光を少なくとも第 2 の波長多重光と第 1 の信号光に分離する波長分波器と、第 2 の波長多重光を分散補償する第 2 の分散補償器と、第 2 の分散補償器の出力を増幅する第 2 の光増幅器と、からなる光伝送装置。

【請求項 2】請求項 1 に記載の光伝送装置であって、前記第 1 の光増幅器および前記第 2 の光増幅器の励起用レーザダイオードの入力は 50 mW 以下である光伝送装置。

【請求項 3】第 1 の波長多重信号光を分散補償する第 1 の分散補償器と、第 1 の分散補償器の出力を増幅する第 1 の光増幅器と、第 1 の信号光を分散補償する第 2 の分散補償器と、第 2 の分散補償器の出力を増幅する第 2 の光増幅器と、第 1 の光増幅器の出力と第 2 の光増幅器の出力とを合波する合波器と、からなる光伝送装置。

【請求項 4】請求項 3 に記載の光伝送装置であって、前記第 1 の光増幅器および前記第 2 の光増幅器の励起用レーザダイオードの入力は 50 mW 以下である光伝送装置。

【請求項 5】第 1 の分散補償器の出力である第 1 の波長多重信号光を入力とし、第 1 の波長の信号を光受信装置に出力し、第 2 の波長多重信号を第 2 の分散補償器に出力する波長分波器と、

第 2 の分散補償器の出力と第 3 の分散補償器の出力である光信号とを入力とし、波長多重して第 3 の波長多重信号とする波長合波器と、からなる波長合分波ユニット。

【請求項 6】およそ 10 Gbit/s の第 1 の波長多重信号光を送出する第 1 の端局と、第 1 の波長多重信号光を受け取り第 3 の波長多重信号光を送出する中継局と、第 3 の波長多重信号光を受信する第 2 の端局と、からなる光伝送システムであって、

中継局は、第 1 の波長多重信号光の分散を補償する第 1 の分散補償器と、分散補償された第 1 の波長多重信号光に含まれる第 1 の波長の第 1 の信号光を受信する光受信器と、第 2 の分散補償器と、分散補償された第 1 の波長多重信号光から第 1 の波長の信号光分派し光受信器に送出し、第 2 の波長多重光を第 2 の分散補償器に送出する波長分波器と、第 1 の波長の第 2 の信号光を送出する光送信器と、光送信器からの第 2 の信号光を分散補償する第 3 の分散補償器と、第 2 の分散補償器の出力と第 3 の分散補償器の出力とを入力として第 3 の波長多重信号光を送出する波長合波器と、を含む光伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は伝送システム及び光分岐装置に係わり、特に波長の異なる複数の信号光を伝送する波長多重伝送 (Wavelength Division Multiplexi-

ng 以下 WDM と記載) システム及びそれに用いられる波長合分波光伝送装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】インターネット等の普及によるデータ量の増加から、1 本の光ファイバの伝送容量を増加させる必要が生まれている。伝送容量の増加には、WDM と伝送速度増とのアプローチがある。

【0003】WDM システムは、光ファイバに波長の異なる複数の信号光を多重して伝送するものである。この多重された波長の一部を分岐、または合波することによって、一本のファイバで、2 箇所間の伝送だけではなく、複数の箇所間の伝送が可能となる。2.4 Gbit/s の伝送速度では、波長の一部を分岐、または合波する方法として光増幅器の間に受動部品の波長合分波光伝送装置を使用して分岐、合波を一括で行う方式が提案されている。これに、関連する技術として、特開平 11-275007 号公報がある。

【0004】一方、2.4 Gbit/s の 4 倍の伝送速度である 10 Gbit/s では、伝送路における光の分散の影響を無視できず分散補償が必要である。分散補償に関する文献には、特開平 7-301831 号公報がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した関連 WDM 技術では通常の光ファイバ (Non-Dispersion shifted fiber 以下 NDSF と記載) を伝送路して 10 Gbit/s の伝送を行う際に、必要となる分散補償ファイバ (Dispersion Compensating Fiber 以下 DCF と記載) の搭載が困難である。また、10 Gbit/s の伝送を行うためには、合波される波長、分岐される波長、分岐されずスルーされる波長毎に異なる特性の DCF が必要となる。一般に、波長分波器、波長合波器、DCF は、損失の大きい光部品であり、波長合分波光伝送装置と DCF とを併用すると損失が増えて、長距離伝送が困難となる。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するため本発明の波長合分波光伝送装置では、伝送路の状態に応じて適切な分散補償量を設定可能とする。また、波長分波器と波長分波器と DCF との併用による損失を、複数の低励起の光増幅器で補償し、長距離伝送を可能とする。

## 【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例の詳細について図面を用いて説明する。図 1 は、本発明の実施の形態である双方向光伝送システムの実施例のブロック図である。West 局には、W-E (from West to East) 伝送用光送信装置 70 と送信光増幅器 3T と、E-W 伝送用光受信装置 90 と受信光増幅器 3R と、が設けられている。一方、East 局には、E-W 伝送用光送信装置 70 と送信光増幅器 3T と、W-E 伝送用光受信装置 90 と受信光増幅器 3R と、が設けられている。West

t局とEast局とは、伝送路7を介して10Gbit/sの速度で伝送可能である。また、両者の中間のCenter局には、W-E伝送用に、受信光増幅器3Rと光合分波・分散補償装置80と送信光増幅器3Tと分岐光信号受信器90'と合波光信号送信器70'とが設けられ、E-W伝送用にも同様な構成が設けられている。なお、伝送路7はNDSFであり、これは以下の実施例でも同様である。

【0008】また、光送信装置70には16台の光送信機71-1~71-16が設けられ、それぞれ異なる $\lambda_1$ から $\lambda_{16}$ の波長( $\lambda_1 < \lambda_n < \lambda_{16}$ :  $n=2\sim 15$ )で信号を送信し、波長多重器6で波長多重する。光受信装置91には波長分離器9が設けられ、伝送路7から送られてきた波長多重された光信号を $\lambda_1$ から $\lambda_{16}$ の波長に分離し、16台の光受信機91に導く。ここで、伝送路7から送られてきた波長多重された光信号は全ての波長を含むとは限らない。なお、光受信機91の受信波長帯域は広く、どの波長でも受信可能である。また、光送信装置70の波長多重器6と送信光増幅器3Tとの間、および光受信装置90の波長分離器9と受信光増幅器3Rとの間には、図示しないDCFが設けられている。

【0009】光合分波・分散補償装置80は、分岐される波長と波長合分波ユニット100を通過する波長とが通過するDCF21と、 $\lambda_1$ 波長の光を分岐する波長分波器4と、波長合分波ユニット100を通過する波長が通過するDCF22と、光送信器70'からの合波される波長 $\lambda_1'$  ( $\lambda_1' = \lambda_1$ )が通過するDCF23と、DCF22からの光とDCF23からの光とを合波する波長合波器5と、から構成されている。ここで、DCF21の分散値は $-600\text{ ps/nm}$ 、DCF22の分散値は $-500\text{ ps/nm}$ 、DCF23の分散値は $-400\text{ ps/nm}$ 、とした。これによって、分岐される波長の分散値は $-600\text{ ps/nm}$ 、波長合分波ユニット100を通過する波長の分散値は $-1, 100\text{ ps/nm}$ 、合波される波長の分散値は $-400\text{ ps/nm}$ となる。

【0010】DCFの分散値は、伝送されてきた伝送路と、これから伝送される伝送路との、分散により適切に定められる。これは、他の実施例でも同様である。また、波長分波器4としてはフィルタ型を用い、波長合波器5としてはカップラー型を用いた。

【0011】この構成によって、分岐される波長、スルーされる波長、多重される波長それぞれが、伝送距離に応じた適切な分散値で分散補償できるので、NDSF伝送路で10Gbit/sの高速伝送が実現できる。

【0012】本実施例では、 $\lambda_1' = \lambda_1$ としたが、同一区間内で他の送受信器間で使用されていない波長であれば $\lambda_1' \neq \lambda_1$ でも構わない。これは本発明の他の実施例でも同様である。

【0013】なお、本実施例では、波長分波器4と波長合波器5とをプリント基板に実装し、外部と光コネクタ(図示しない)で接続するユニット構成とした。このように構成することによって、以下に説明するように汎用に用いることのできる波長合分波ユニット100とすることができる。

【0014】図2および図3は、本発明の双方向光伝送システムである他の実施例のブロック図である。両図では、East局、West局は省略し、同じブロックには原則として同じ符号を付けた。図1に示した波長合分波ユニットは、W-E伝送、E-W伝送のそれぞれで1台設けていたが、図2のCenter局では、1台の波長合分波ユニット100をW-E方向伝送の合波用とE-W方向伝送の分波用に用いる点に特徴がある。

【0015】すなわち、W-E伝送の受信光増幅器3Rで増幅された波長多重信号( $\lambda_2 \sim \lambda_{16}$ )は、Center局を通過する波長用のDCF22を通過し分散を補償する。DCF22を通過した波長多重光と、光送信装置70から送信されDCF23を通過した波長 $\lambda_1$ の信号光とは、波長合波器5で多重化され、送信光増幅器3Tで増幅され光伝送路7に送出される。一方、E-W伝送の受信光増幅器3Rで増幅された波長多重信号( $\lambda_1 \sim \lambda_{16}$ )は、Center局を通過する波長用と分離される波長用のDCF21を通過し分散を補償する。波長分波器4で $\lambda_1$ の波長の光を分波し光受信装置90に送信し、残りの波長多重信号( $\lambda_2 \sim \lambda_{16}$ )はCenter局を通過する波長用のDCF22で再度分散補償を受け、送信光増幅器3Tで増幅された後、伝送路7に送出される。

【0016】ここで、W-E伝送のDCF22の分散値は $-1, 100\text{ ps/nm}$ 、DCF23の分散値は $-400\text{ ps/nm}$ 、E-W伝送のDCF21の分散値は $-600\text{ ps/nm}$ 、DCF22の分散値は $-500\text{ ps/nm}$ を選択している。これらの値を選択することによって、図1に示した実施例と同じ、分岐される波長の分散値は $-600\text{ ps/nm}$ 、波長合分波ユニット100を通過する波長の分散値は $-1, 100\text{ ps/nm}$ 、合波される波長の分散値は $-400\text{ ps/nm}$ とすることができる。

【0017】本実施例ではCenter局は、East局とのみ10Gbit/sの高速伝送することができ、West局と伝送することができない。しかし、需要によってはこれで十分であり、波長合分波ユニットが1台で済む利点がある。また、Center局が、West局との間で伝送する必要が生まれた場合には、図3に示すようにWest局との伝送用に波長合分波ユニット100'を増設し、DCFを伝送路に応じて適切な特性を持つもの交換すれば良い。本実施例によれば初期投資をおさえ伝送の需要に見合った伝送システムとすることができる。

【0018】図4および図7をもちいて本発明の実施の形態である光伝送装置の実施例を説明する。ここで、図4は、本発明の実施例である光伝送装置のブロック図である。伝送路7から入力された波長多重信号光( $\lambda 1 \sim \lambda 16$ )は、受信光増幅器3Rによって増幅され、分岐される信号光 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ 用に設定されたDCF21を通る。DCF21を通ったことによって減衰した波長多重信号光( $\lambda 1 \sim \lambda 16$ )は光増幅器32によって増幅される。増幅された波長多重信号光( $\lambda 1 \sim \lambda 16$ )のうち信号光 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ は波長分波器4によって分岐され、外部へと出力される。残りの波長多重信号光( $\lambda 5 \sim \lambda 16$ )は、スルー用にDCF21による分散を考慮した上で設定されたDCF22を通る。波長分波器4及びDCF22によって減衰した波長多重信号光( $\lambda 5 \sim \lambda 16$ )は光増幅装置33によって再び増幅される。

【0019】外部から入力された信号光 $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ ( $\lambda n' = \lambda n : n = 1 \sim 4$ )は光増幅装置37によって増幅され、それぞれの波長の出力レベルが調整される。信号光 $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ は波長合波器5によって多重され、この波長多重信号光( $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ )は、合波光用に設定されたDCF23を通る。波長合波器5およびDCF23で減衰した波長多重信号光( $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ )は光増幅装置34によって増幅される。この増幅された波長多重信号光( $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ )は、波長合波器5によって、波長多重信号光( $\lambda 5 \sim \lambda 16$ )と多重される。この波長多重信号光( $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ 、 $\lambda 5 \sim \lambda 16$ )は、送信光増幅装置3Tによって増幅され、伝送路へと出力される。

【0020】本実施例に用いたDCF21の分散値は $-600 \text{ ps/nm}$ 、損失は $5.0 \text{ dB}$ 、DCF22の分散値は $-500 \text{ ps/nm}$ 、損失は $4.5 \text{ dB}$ 、DCF23の分散値は $-400 \text{ ps/nm}$ 、損失は $4.0 \text{ dB}$ とした。波長分波器4の損失は $3.5 \text{ dB}$ 、波長合波器4の損失は $3.0 \text{ dB}$ である。また、受信光増幅装置3Rは、 $120 \text{ mW}$ のポンプ光で励起し、 $21.0 \text{ dB}$ の利得である。光増幅装置32、33、34は、 $25 \text{ mW}$ のポンプ光で励起し、 $11.0 \text{ dB}$ 程度の利得である。光増幅装置37は、 $25 \text{ mW}$ のポンプ光で励起し、 $6.0 \text{ dB}$ 程度の利得である。送信光増幅器3Tは、 $150 \text{ mW}$ のポンプ光で励起し、 $17.0 \text{ dB}$ の利得である。なお、光増幅装置32、33、34は、 $50 \text{ mW}$ のポンプ光で励起してもよい。

【0021】本実施例では、DCF、波長分岐器、波長合波器で受けた損失を3台の光増幅器でそれぞれ増幅したが、例えば光増幅器32を $150 \text{ mW}$ のポンプ光としてエルビウム添加ファイバの長さを適切に選択すれば1台で足りる。また、例えば光増幅器32を $100 \text{ mW}$ 励起、光増幅器34を $25 \text{ mW}$ 励起とすれば2台で足りる。しかし、励起用レーザダイオードは、高出力になればなるほど高価格のため、低励起の光増幅器で何回かに

分けた場合の性能／価格比が高い。

【0022】次に、図7を用いて波長分波器4の詳細な構造を説明しよう。ここで、図7は波長分波器のブロック図である。伝送されてきた波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の波長多重光は、光サーキュレータ45を通過し、ブラッググレーティング41で波長 $\lambda 1$ が反射され、ブラッググレーティング42で波長 $\lambda 2$ が反射される。波長 $\lambda 3 \sim \lambda 16$ の波長多重光は、光サーキュレータ47を通過し、波長 $\lambda 3$ および波長 $\lambda 4$ が同様に反射される。波長 $\lambda 5 \sim \lambda 16$ の波長多重光は、波長分波器4を通過する。光サーキュレータ45、46は、図中左から右方向へ進む光を通過させ、右から左へ進む反射光を時計回りに回転させ、第3のポートへ出力する部品である。つまり $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の波長は波長分波器47へ導かれ、上記と同様に波長分離される。 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ も同様に分離される。なお、波長分波器47、48はフィルタであっても、導波路型分波器であっても構わない。また、波長分波器4は他の種類のWDM(Wavelength Division Multiplexer/Demultiplexer)であっても構わない。

【0023】本実施例によれば、DCF、波長分岐器、波長合波器等で受けた損失を光増幅装置で増幅することにより信号光を常に高いレベルに保つことが可能となる。信号光のレベルを常に高く保つことによって、長距離伝送時の雑音指数の劣化を防ぐことが可能となり合分波光伝送装置を使用した際の長距離伝送が可能となる。

【0024】図5は、光伝送装置の他の実施例を説明するブロック図である。伝送路7から入力された波長多重光( $\lambda 1 \sim \lambda 16$ )は、受信光増幅器3Rによって増幅され、光増幅器32でさらに高強度に増幅され、フィルタ型波長分波器4'に導かれる。フィルタ型波長分波器4'で分岐された波長 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ の波長多重光は、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ 用に設定されたDCF21を通る。DCF21を通った波長 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ の波長多重光は、波長分波器4で個々の波長に波長分波され、DCF21と波長分波器4によって減衰した信号光 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ は光増幅器36によって増幅される。

【0025】フィルタ型波長分波器4'を通過した波長 $\lambda 5 \sim \lambda 16$ の波長多重光は、スルー用に設定されたDCF22を通る。フィルタ型波長分波器4'及びDCF22によって減衰した波長多重光( $\lambda 5 \sim \lambda 16$ )は光増幅装置33によって再び増幅される。

【0026】外部から入力された信号光 $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ は光増幅装置37によって増幅され、それぞれの波長の出力レベルが調整される。信号光 $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ は波長合波器5によって多重され、この波長多重信号光( $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ )用に設定されたDCF23を通る。波長合波器5およびDCF23で減衰した波長多重信号光( $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ )は光増幅装置34によって増幅される。この増幅された波長多重信号光( $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ )は、波長合波器5によって、波長多重信号光( $\lambda 5 \sim \lambda 16$ )と多重される。

6) と多重される。この波長多重信号光 ( $\lambda 1' \sim \lambda 4'$ 、 $\lambda 5 \sim \lambda 16$ ) は、送信光増幅装置 3T によって増幅され、伝送路 7 へと出力される。

【0027】本実施例に用いた DCF 21 の分散値は  $-600 \text{ ps/nm}$ 、損失は  $5.0 \text{ dB}$ 、DCF 22 の分散値は  $-1,100 \text{ ps/nm}$ 、損失は  $9.5 \text{ dB}$ 、DCF 23 の分散値は  $-400 \text{ ps/nm}$ 、損失は  $4.0 \text{ dB}$  とした。波長分波器 4 の損失は  $3.0 \text{ dB}$ 、波長合波器 4 の損失は  $3.0 \text{ dB}$  である。また、受信光増幅装置 3R は、 $120 \text{ mW}$  のポンプ光で励起し、 $21.0 \text{ dB}$  の利得である。光増幅装置 32、33、34 は、 $25 \text{ mW}$  のポンプ光で励起し、 $11.0 \text{ dB}$  程度の利得である。光増幅装置 37 は、 $25 \text{ mW}$  のポンプ光で励起し、 $6.0 \text{ dB}$  程度の利得である。送信光増幅器 3T は、 $150 \text{ mW}$  のポンプ光で励起し、 $17 \text{ dB}$  の利得である。

【0028】本実施例によれば、DCF、波長分岐器、波長合波器で受けた損失を光増幅装置で増幅することにより信号光を常に高いレベルに保つことが可能となる。信号光のレベルを常に高く保つことによって、長距離伝送時の雑音指数の劣化を防ぐことが可能となり合分波光伝送装置を使用した際の長距離伝送が可能となる。

【0029】図 6 は、光伝送装置の他の実施例を説明するブロック図である。基本構成は図 5 に記載した光伝送装置と同一であり、同一箇所に同一符号を用いているのは、これまでの実施例と同様である。

【0030】本実施例の特徴は、波長分波器 4' と DCF 22 との間に波長合波器 5 を設け、波長分波器 4' で分岐した波長のいずれかが再び合波し、光伝送装置を通過させる点にある。このように構成する理由は、この光伝送装置を設置する地点の伝送量に増加が期待される場合、当面は他の地点間で伝送する帯域として利用し伝送量が増加した時点で、この光伝送装置を設置した地点と他の地点との間の伝送に用いることが可能だからであ

る。

【0031】すなわち本実施例によれば、この光伝送装置の設置地点での伝送量に応じて波長数を増減できるという効果がある。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば伝送路の状態に応じて適切な分散補償量を設定可能な波長合分波型光伝送装置を提供することができた。また、また、波長合分波装置と DCF との併用による損失を、複数の低励起の光増幅器で補償し、長距離伝送を可能とすることができた。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例である双方向光伝送システムのブロック図である。

【図 2】本発明の実施例である他の双方向光伝送システムのブロック図である。

【図 3】本発明の実施例である他の双方向光伝送システムのブロック図である。

【図 4】本発明の実施例である光伝送装置のブロック図である。

【図 5】本発明の実施例である他の光伝送装置のブロック図である。

【図 6】本発明の実施例である他の光伝送装置のブロック図である。

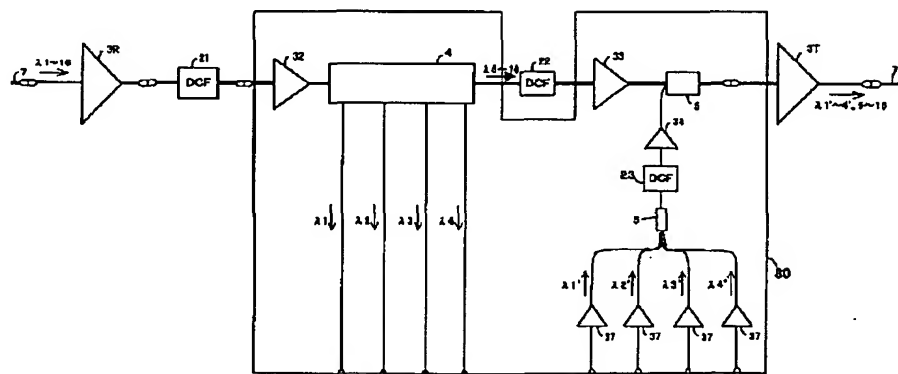
【図 7】本発明の実施例である波長分波器のブロック図である。

【符号の説明】

2…DCF、3…光増幅器、4…波長分波装置、5…波長合波装置、6…WDM、7…伝送路、9…WDM、41～44…ファイバグレーティング、45、46 光サーキュレータ、47、48…波長分波装置、70…光送信装置、80…光合分波・分散補償装置、90…光受信装置、100…合分波ユニット。

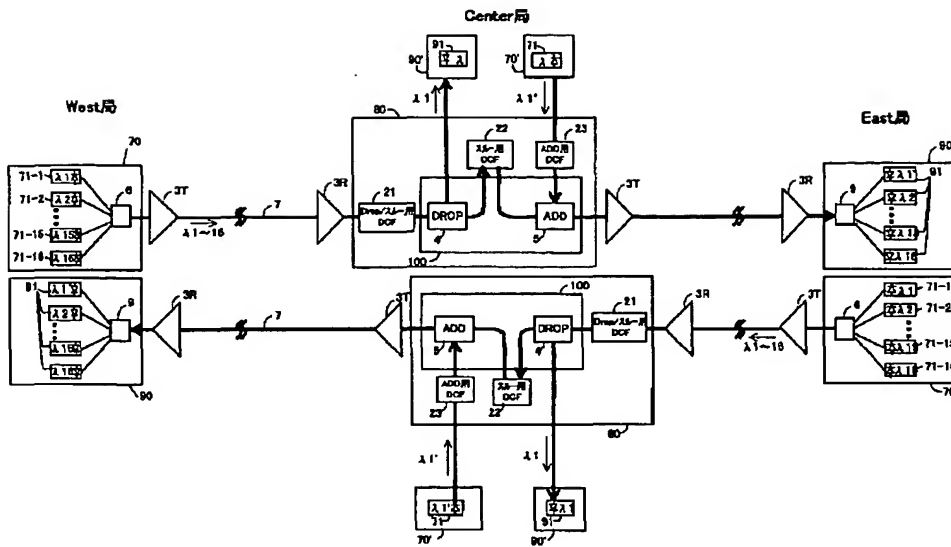
【図 4】

図 4



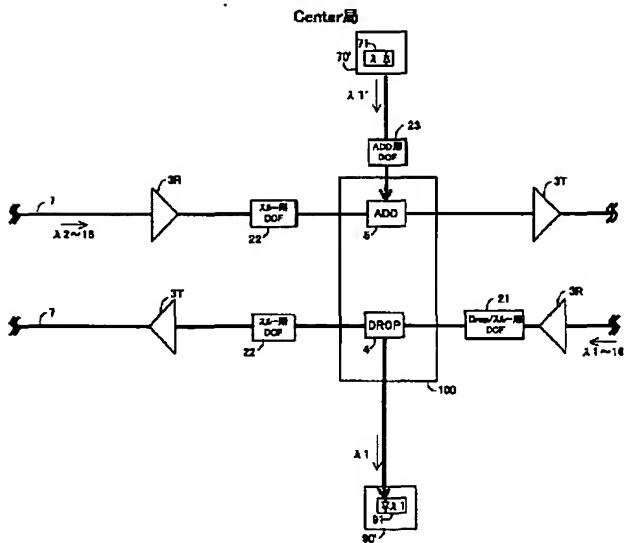
【図 1】

図 1



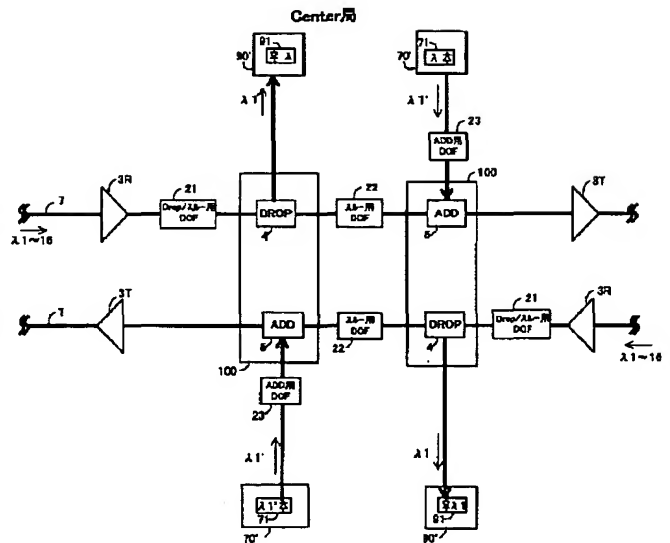
【図 2】

図 2



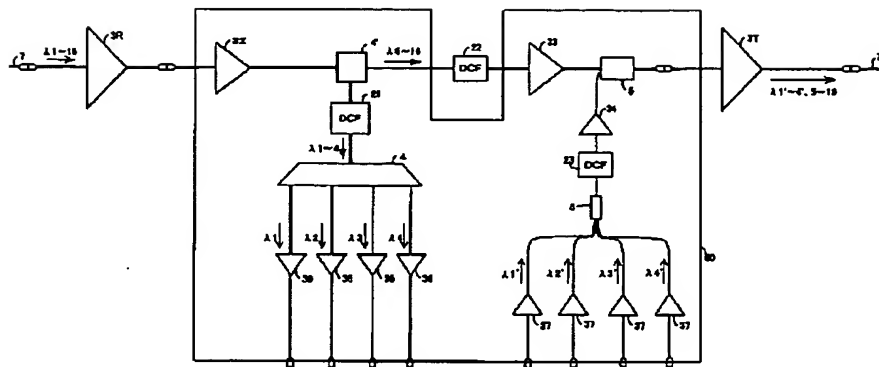
【図 3】

図 3



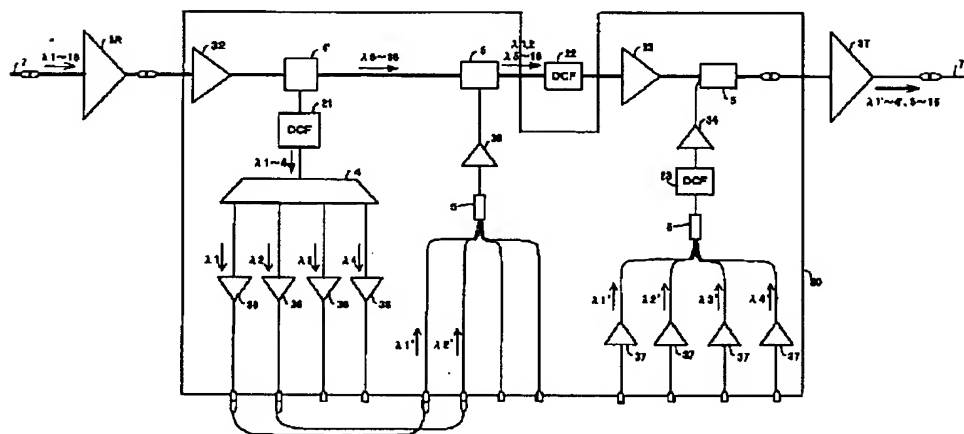
【図 5】

図 5



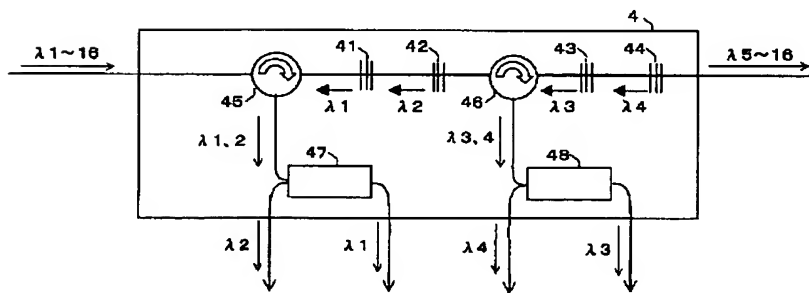
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7





フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 4 B	10/17		
	10/16		
(72) 発明者	小坂 淳也	F ターム (参考)	5F072 AB09 AK06 JJ20 KK07 KK30
	神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株		PP07 YY17
	式会社日立製作所通信事業部内		5K002 AA01 AA03 AA06 BA04 BA05
			BA13 BA21 CA01 CA13 DA02
			DA05 FA01